SCHL CMHC

Question habitation, comptez sur nous

Canada

Étanchéité à l'air et qualité de l'air des maisons érigées sur des fondations en bois traité

Rapport final

présenté à :

Monsieur Don Fugler
Division de la recherche
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Bureau national
700 chemin Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

par :

Buchan, Lawton, Parent Ltd.
5370 chemin Canotek
Gloucester (Ontario)
K1J 9E6

Dossier BLP n° 2574.01

février 1992

92-07906/

Déni de responsabilité

Cette étude a été effectuée par Buchan, Lawton, Parent Limited pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, en vertu de la Partie IX de la Loi nationale sur l'habitation. L'analyse, les interprétations et les conclusions sont l'oeuvre des consultants et ne représentent pas nécessairement les points de vue de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

This report is also available in English entitled *Air Tightness and Air Quality in Preserved Wood Foundations*.

Abrégé

Les gaz souterrains qui s'infiltrent dans le sous-sol des habitations compromettent la qualité de l'air intérieur. Or, très peu de recherches ont été consacrées aux aspects de la qualité de l'air se rapportant précisément aux fondations en bois traité (FBT). Le présent rapport étoffe les constatations d'une étude sur le terrain qui a porté sur les caractéristiques des fuites d'air des fondations en bois traité et sur les émanations des substances chimiques employées dans leur traitement de préservation. Les travaux ont comporté quatre sortes d'essais effectués dans quatorze maisons.

Le fait marquant de cette étude est certes la mise au point d'un protocole d'essai visant à établir les caractéristiques des fuites d'air du sous-sol d'une habitation, lequel a ensuite été modifié de façon à vérifier les fuites de certaines fissures du sous-sol. Malheureusement, le protocole n'a pu servir à déterminer le niveau d'infiltration d'air sous le niveau du sol étant donné que l'air s'introduisait dans le sous-sol des fondations en bois traité surtout autour des fenêtres et de la solive de rive.

L'analyse de l'air prélevé dans les cavités murales du sous-sol avait pour objet d'établir la présence de composés organiques volatils. Les substances chimiques relevées ont été comparées à celles qui composent les enduits de préservation. Toutes les concentrations enregistrées étaient très faibles et bien en deçà des critères de qualité d'air ambiant fixés par le Ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Pour déterminer les voies probables d'infiltration de l'air sous le niveau du sol, des échantillons d'air prélevés dans les cavités murales, le sous-sol et en-dessous du plancher sur lambourdes de bois ont été analysés dans l'intention d'en caractériser le niveau de radon.

L'étude reprend les mots clés suivants : fondations en bois traité, essais de fuite d'air et qualité de l'air intérieur.

Résumé

La qualité de l'air intérieur suscite de plus en plus d'intérêt dans la société contemporaine, si bien que davantage de recherches ont été consacrées à la maison du Canadien moyen. Les fondations en bois traité sont devenues une solution de rechange fréquente aux fondations en béton coulé, mais très peu de recherches ont étudié comment leurs techniques d'exécution influent sur la qualité de l'air de l'habitation.

La présente étude s'intéressait à deux sources de pollution des maisons érigées sur des fondations en bois traité : le sol environnant et les substances chimiques constituant le procédé de préservation. Sous l'effet de diverses forces motrices, les gaz souterrains s'introduisent dans le sous-sol d'une habitation par les brèches et fissures du pare-air. Les risques préjudiciables à la santé qu'ils posent ont fait naître la volonté de construire des sous-sols étanches à l'air. Puis, la possibilité que les substances chimiques entrant dans la composition du procédé de préservation dégagent des émanations a soulevé des inquiétudes. En fait, la capacité des fondations en bois traité à contrer l'infiltration des gaz souterrains n'a jamais vraiment été éprouvée.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a suivi l'évolution du dossier avec énormément d'intérêt. En effet, la présente étude tendait à calmer ces inquiétudes en incorporant toute une batterie de tests sur place.

La première démarche consistait à mettre au point un protocole d'essai permettant d'établir les caractéristiques des fuites d'air des fondations en bois traité. La procédure tire parti de la résistance naturelle qu'oppose au mouvement de l'air le plancher entre le sous-sol et le rez-de-chaussée. L'usage de ventilateurs au rez-de-chaussée et au sous-sol a permis de soumettre les deux paliers à une dépression par rapport à l'extérieur, mais à une pression d'air identique. Il devenait alors possible d'établir les caractéristiques des fuites d'air des fondations en bois traité. Des tests ont été effectués dans treize maisons avec fondations en bois traité et dans une autre érigée sur des fondations en béton. Le procédé comportait une faible marge d'erreur, du même ordre de grandeur que l'essai normalisé de fuite d'air d'une maison. Lors des essais, l'air s'infiltrait surtout autour des fenêtres et de la solive de rive.

Un protocole d'essai de fuite des fissures a été mis au point dans le but d'en déterminer les caractéristiques. Les fondations en bois traité testées ne donnaient pas lieu à d'importantes infiltrations d'air lorsque le sous-sol était soumis à une dépression. L'équipe chargée des essais n'y a en fait détecté aucun mouvement d'air. La procédure a servi efficacement à déterminer le débit d'air que favorisaient, par les fissures, les éléments situés au-dessus du niveau du sol, telle la solive de rive.

Un gaz de traçage a été utilisé en vue de mieux cerner les voies d'infiltration des gaz souterrains. Le choix s'est arrêté sur le radon,

puiqu'il existe à l'état naturel dans le sol et qu'il peut se détecter à des concentrations relativement faibles. Des échantillons d'air ont également été prélevés dans le sous-sol des habitations, dans les cavités murales et en-dessous des planchers sur lambourdes (selon le cas), puis analysés quant à leur teneur en radon. Les concentrations de radon enregistrées dans différentes cavités murales de la même maison fluctuaient considérablement. Les maisons dont le sous-sol accusait de fortes teneurs en radon en enregistraient des concentrations élevées en-dessous du plancher sur lambourdes.

L'analyse des échantillons d'air prélevés dans les cavités murales du sous-sol visait à déceler l'existence d'une gamme de composés organiques volatils qu'auraient pu dégager les produits chimiques assurant la préservation du bois. Or, toutes les concentrations mesurées s'inscrivaient dans les limites acceptables.

Table des matières

1.0	**Introduction**	1
2.0	**Contexte des fondations en bois traité**	3
3.0	**Mise au point des protocoles d'essai**	6
3.1	Protocole d'essai d'étanchéité à l'air	6
3.2	Protocole d'essai de fuite des fissures	7
3.3	Protocole d'échantillonnage du radon	8
3.4	Protocole d'échantillonnage des composés organiques volatils	10
4.0	**Sélection des maisons à tester**	11
5.0	**Résultats des essais**	12
5.1	Résultats des essais d'étanchéité à l'air	12
5.2	Résultats des essais de fuite des fissures	14
5.3	Résultats de l'échantillonnage du radon	16
5.4	Résultats de l'échantillonnage des composés organiques volatils	18
6.0	**Conclusions**	20
6.1	Essais d'étanchéité à l'air	20
6.2	Essais de fuite des fissures	20
6.3	Échantillonnage de radon	21
6.4	Échantillonnage des composés organiques volatils	21

1.0 Introduction

De multiples recherches ont été entreprises dans l'intention de cerner les caractéristiques des fuites d'air des maisons, mais sans porter trop d'attention au sous-sol. À bien des égards, les caractéristiques des fuites d'air du sous-sol peuvent représenter l'un des plus importants aspects de toute l'enveloppe. D'importantes fuites dans d'autres parties de l'enveloppe (malgré la possibilité qu'elles contribuent à accroître la consommation d'énergie et à accélérer la détérioration des composants de l'enveloppe et de la structure) ont peu d'effets négatifs sur la qualité de l'air de la maison. Les fuites au niveau des fondations peuvent, dans certaines régions du Canada, occasionner l'infiltration à l'intérieur du logement de radon et de nombreux autres gaz présents dans le sol. D'habitude en hiver, la fondation se trouve sous le plan neutre, de sorte que la pression qui s'exerce sur ses murs et le plancher entraine les gaz souterrains en dedans.

Les recherches et les essais d'étanchéité à l'air des sous-sols en sont toujours au stade préliminaire. De tous travaux de recherche ayant porté sur les fuites d'air (aussi bien de toute l'enveloppe du bâtiment que du sous-sol) peu portaient sur les fondations en bois traité. Les résultats d'essais systématiques étendus, comme les essais d'homologation, menés en prévision de l'inscription des maisons R-2000, n'ont cependant indiqué aucune anomalie quant à l'étanchéité à l'air des fondations en bois traité.

Il n'y a aucune raison de croire que les fondations en bois traité bien exécutées puissent poser un problème particulier sur le plan de l'étanchéité à l'air. Pourtant, ces fondations dépendent de nombreux détails d'exécution, si bien que certains pourraient compromettre l'intégrité du pare-air à longue échéance.

La fondation en bois traité offre un avantage non négligeable sur la fondation classique en béton : la flexibilité inhérente des matériaux constitutifs. En effet, à condition d'être bien érigée, elle ne subira pas de fissuration au retrait comme la fondation de béton, et ne requerra donc pas de joints de retrait complexes. Par contre, le recours à un plancher de béton avec une fondation en bois traité ajoute à la difficulté de préserver l'intégrité du pare-air en raison des caractéristiques tout à fait différentes des matériaux en cause. Certaines fondations en bois traité comptent sur une membrane mal mise en oeuvre au niveau du plancher, pouvant s'avérer d'une durée en service insuffisante.

Ce rapport étoffe les essais d'étanchéité à l'air et l'évaluation des fondations en bois traité (FBT). Avant la présente étude, aucune recherche, à notre connaissance, n'a mis en évidence les caractéristiques des fuites d'air des fondations en bois traité.

L'objectif premier des travaux consistait à déterminer l'étanchéité à l'air d'un échantillon de fondations en bois traité et à en cerner les principales surfaces de fuite. Trois techniques distinctes ont été

exploitées pour étudier et caractériser ces fuites.La première exigeait de soumettre à des essais d'étanchéité à l'air treize sous-sols pleine grandeur de FBT et un vide sanitaire de FBT. Un sous-sol en béton a également fait l'objet de ces essais, pour fins de comparaison. Il a fallu mettre au point un protocole d'essai pour isoler les fuites d'air du sous-sol de celles du reste de la maison de manière à établir le taux de renouvellement d'air au sous-sol et le taux de fuite équivalent. Les endroits les plus perméables à l'air ont été localisés à l'aide d'un crayon fumigène et marqués pour essais ultérieurs.

La deuxième technique avait pour objet de vérifier les fuites d'air à chacun de ces endroits.

La troisième faisait appel à un gaz de traçage d'origine naturelle. Ce gaz, le radon, a été utilisé pour déterminer par où la majorité des gaz souterrains s'introduisaient dans chaque maison. Le choix s'est porté sur le radon, puisque ce gaz de traçage que l'on retrouve à l'état naturel dans le sol se mesure à des concentrations relativement faibles.

Le second objectif était d'analyser les gaz des cavités murales du sous-sol en vue d'établir la présence ou non de polluants attribuables au procédé de préservation du bois. L'analyse des échantillons d'air prélevés tendait à déceler la présence d'émanations dégagées par les enduits de préservation.

2.0 Contexte des fondations en bois traité

Différents concepts ont été exploités pour la construction de fondations en bois traité. Ils ont certes évolué depuis leur avènement au Canada au début des années 1960. Les maisons, dont fait état le présent programme d'essais, sont de conception relativement récente.

Le Conseil canadien du bois se veut la source première de données concernant la conception des fondations de bois. Les intéressés pourront toutefois obtenir des renseignements supplémentaires auprès du Conseil des industries forestières de la Colombie-Britannique (COFI) et de l'Association canadienne de normalisation (CSA).

La publication CAN3-S406, "Construction des fondations en bois traité" de la CSA constitue la norme fondamentale à laquelle fait référence le Code national du bâtiment (CNB) pour l'exécution des fondations de petits bâtiments. Les détails d'exécution présentés dans la norme reprennent essentiellement ceux qui sont traités dans les publications correspondantes du Conseil canadien du bois.

Il existe, à l'heure actuelle, trois genres essentiels de fondations :

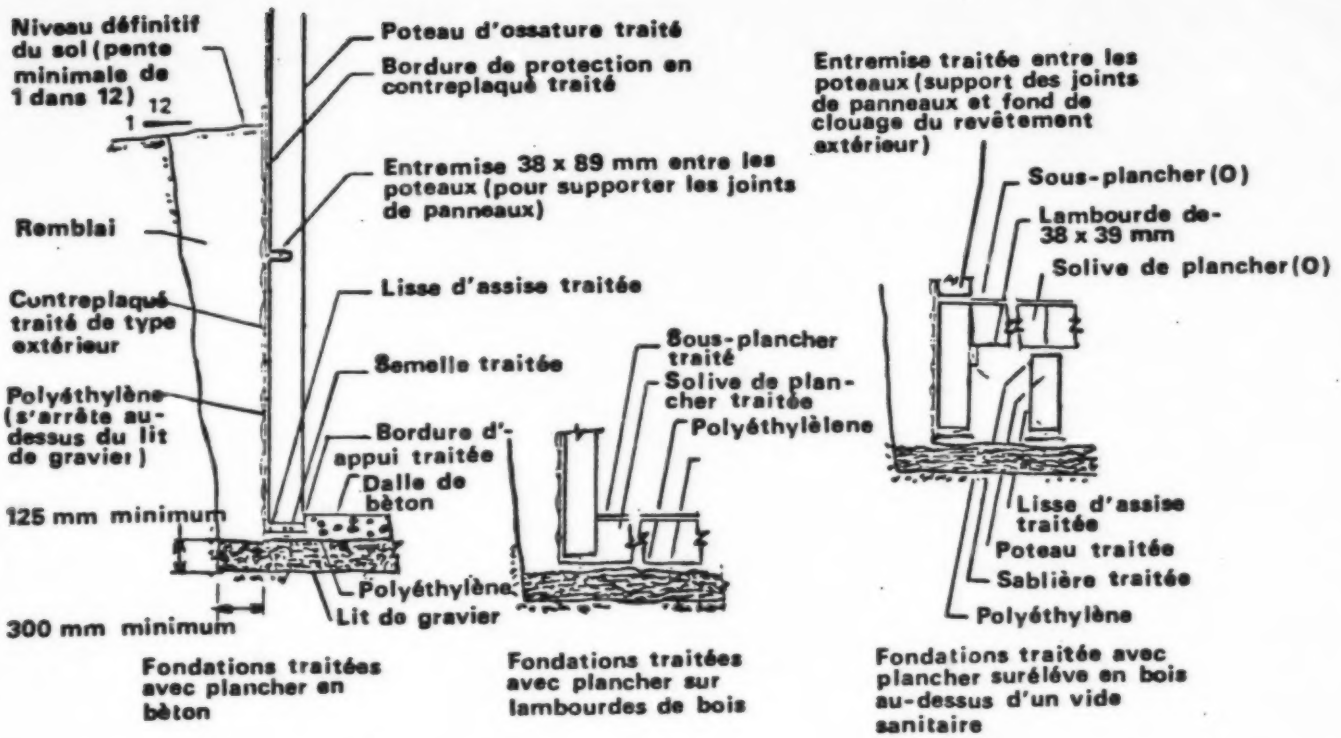
- les sous-sols chauffés
- les vides sanitaires chauffés
- les vides sanitaires non chauffés

Lorsque le sous-sol pleine grandeur ou le vide sanitaire est chauffé, les murs de fondation et le plancher forment une partie du volume chauffé de l'enveloppe. Par contre, dans le cas d'un vide sanitaire non chauffé, le plancher séparant le vide sanitaire proprement dit du rez-de-chaussée fait partie de l'enveloppe. Les caractéristiques des fuites d'air d'un vide sanitaire non chauffé présentaient peu d'intérêt direct pour cette étude, à part la présence de contaminants provenant des matériaux des fondations ou des gaz souterrains.

La grande différence entre un vide sanitaire chauffé et un sous-sol pleine grandeur réside dans l'exécution du plancher. En effet, le premier comporte un plancher de bois surélevé, et le second un plancher de béton ou de bois pouvant être réalisé sur lambourdes ou surélevé.

La figure 2.1 illustre les détails d'exécution essentiels de ces genres de fondations. Elle est tirée intégralement de la publication du Conseil canadien du bois, "Les fondations en bois traité", CCB fiche technique WB-4.

Figure 2.1



Le mode de pose de la membrane hydrofuge influe vraisemblablement sur son comportement en matière d'étanchéité à l'air. Dans les trois cas, la membrane hydrofuge placée sous le plancher n'est généralement pas raccordée au mur extérieur, étant plutôt simplement déposée contre la semelle. Le polyéthylène s'emploie avant tout pour retarder le mouvement de la vapeur d'eau contenue dans le sol et en réduire l'évaporation en surface. Voilà pourquoi porte-t-on peu de soin sinon aucun à assurer la continuité de la membrane. Les chevauchements ne sont pas scellés et les points de pénétration des services sont taillés de façon très approximative.

La norme S406-M83 de la CSA présentement en vigueur requiert de placer une membrane de polyéthylène de 0,15 mm sous un plancher de bois surélevé ou une dalle de plancher en béton. Une amélioration proposée à la norme précitée en 1989 préconisait, d'une part, de faire chevaucher sur au moins 300 mm tous les joints de la feuille de polyéthylène et de la sceller à la semelle du mur de fondation sur tout son pourtour, et, d'autre part, de sceller tous les points de pénétration des canalisations de services ou autres objets pour contrer toute propagation de la vapeur d'eau ou des gaz souterrains. Puisque la mise à jour de 1989 n'est toujours pas en

vigueur, il ne peut être présumé que les maisons disposent d'un pare-air ou pare-vapeur continu et scellé au niveau des fondations. En réalité, il est prudent de supposer que la fonction de pare-air revient en premier au revêtement d'ossature mural en bois et à la dalle de béton ou au support de revêtement de sol du plancher.

Dans les vides sanitaires chauffés et certains sous-sols pleine grandeur avec plancher surélevé, l'intégrité du pare-air du plancher risque d'être compromise. Si le pare-air proprement dit se compose de feuilles de polyéthylène déposées directement sur le sol, sans ballast de sable ou d'un autre matériau s'y prêtant, l'essai de dépressurisation du sous-sol ou du vide sanitaire risque de l'endommager sérieusement. C'est pourquoi les maisons retenues aux fins de la présente étude ne comportaient pas ces types de fondations.

3.0 Mise au point des protocoles d'essai

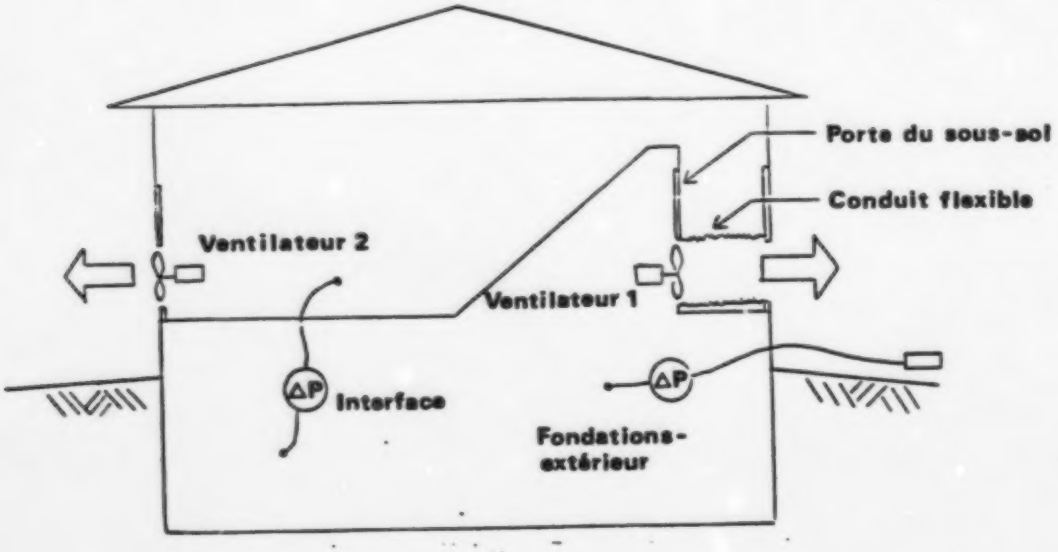
3.1 Protocole d'essai d'étanchéité à l'air

Un protocole appelé à déterminer les fuites des sous-sols en béton est actuellement en cours d'élaboration. La cueillette de données préliminaires, émanant de deux méthodes différentes, s'effectue présentement pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement, aux termes de contrats distincts. La première compte sur la mesure des gaz souterrains traversant les composants du sous-sol, et la deuxième s'en remet au gaz de traçage SF_6 pour établir les taux de renouvellement d'air naturel.

La Société canadienne d'hypothèques et de logement tenait à poursuivre la mise au point d'une autre méthode de détermination des taux de fuite d'air des sous-sols en même temps que les études précitées. À cette fin, le protocole d'essai d'étanchéité à l'air utilisé au cours des travaux que décrit ce rapport a été élaborée par Buchan, Lawton, Parent Ltd. pour les besoins de la présente étude. La méthode de détermination de la différence de pression s'exerçant sur l'interface entre le sous-sol et le reste de la maison constituait le seul volet à affiner au cours du programme d'essais.

La figure 3.1 représente la disposition générale de l'appareillage d'essai.

Figure 3.1



Le but des essais d'étanchéité à l'air consistait en partie à mettre au point un protocole simple et répétable. La méthode retenue fait appel au plancher au-dessus du sous-sol, qui, grâce à l'équilibrage des pressions s'exerçant sur cette interface, permet de bien isoler le sous-sol du reste de la maison.

Il a été constaté au point de départ qu'il fallait compter sur un dispositif très sensible pour mesurer les pressions respectives du sous-sol et du reste de la maison. Il est devenu manifeste au cours du premier essai que le manomètre différentiel magnahelic et le manomètre à tube incliné étaient trop peu sensibles pour mesurer avec exactitude la différence de pression. L'emploi d'un crayon fumigène vis-à-vis une ouverture de l'interface s'est toutefois révélé très fructueux. En effet, la fumée donnait une indication évidente du mouvement d'air. Dès que les pressions s'équilivraient, la fumée restait suspendue dans l'air ou vacillait doucement. La précision de "l'indicateur de mouvement de la fumée" dépendait de la façon dont était scellée la majorité des surfaces de fuite de l'interface.

Les fuites d'air au sous-sol ont été déterminées en exécutant un essai de dépressurisation en cinq points entre 10 et 50 pascals au sous-sol à l'aide du premier ventilateur, tout en équilibrant avec précision la pression qui s'exerçait sur le plafond du sous-sol au moyen du second ventilateur.

Les essais répétés au même endroit se sont traduits par des résultats très semblables. La marge d'erreur était d'un ordre de grandeur comparable à celle de l'essai normalisé de dépressurisation d'une habitation.

L'Annexe A renseigne sur l'appareillage requis et sur la méthode d'essai.

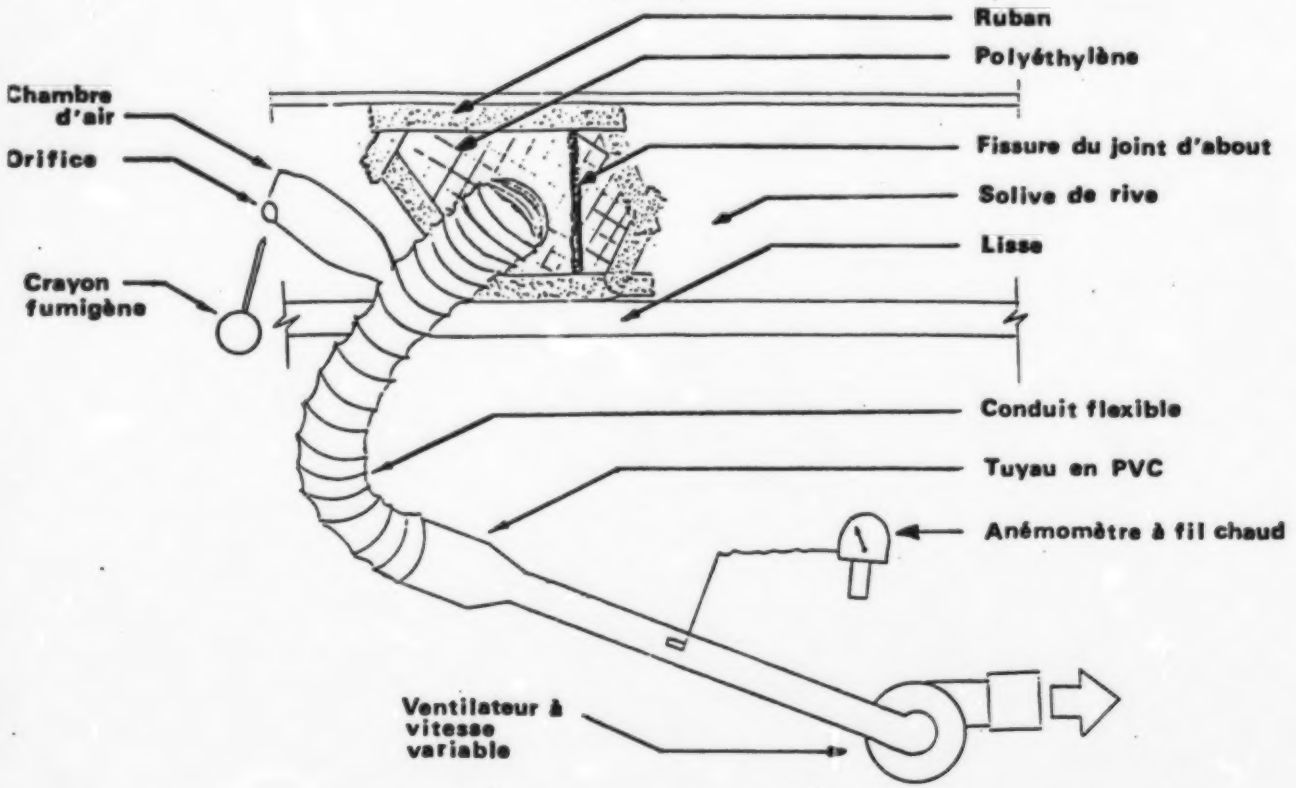
3.2 Protocole d'essai de fuite des fissures

Pour tenter de quantifier la surface de fuite de certaines importantes fissures au sous-sol, une version modifiée de l'essai d'étanchéité des fenêtres conforme à la norme ASTM E783 a été élaborée. La méthodologie d'essai correspondait essentiellement à celle qui s'emploie pour isoler les fuites d'air du sous-sol du reste de la maison. La figure 3.2 illustre la disposition de l'appareillage d'essai.

La maison a été soumise à une dépression de 50 Pa. La pression à l'intérieur de la chambre à fissure a été équilibrée avec celle de la maison en variant la vitesse du ventilateur extrayant l'air de la chambre. Un sac en plastique assez rigide a été attaché à la chambre de manière à créer une zone à très faible pression en raison du débit traversant la fissure en direction du ventilateur. Un orifice a été pratiqué dans le sac pour permettre à l'air de s'écouler entre la chambre et le sous-sol. L'emploi du crayon fumigène a servi à déterminer le moment de l'équilibrage des deux pressions.

Un anémomètre à fil chaud placé dans le conduit d'air donnait le relevé en m/s. Le débit d'air exprimé en L/s a ensuite été calculé d'après la

Figure 3.2



section du conduit vis-à-vis l'anémomètre. L'équilibrage de pression à l'aide du crayon fumigène, a-t-on découvert, permettait d'atteindre un degré d'exactitude à 0,1 L/s près.

Cette méthode d'essai a permis d'en arriver à contrôler avec une grande sensibilité les pressions respectives et à régler le mouvement d'air en provenance de la chambre à fissure.

Le faible mouvement enregistré à travers les fissures testées a donné des relevés d'anémomètre très faibles, donc une marge d'erreur passablement élevée.

Des efforts ont été déployés en vue de quantifier le mouvement de fuite à partir de fissures individuelles à une pression de 50 Pa, et d'effectuer des essais de dépressurisation en cinq points pour établir les caractéristiques des fissures. Les résultats des essais de dépressurisation en cinq points n'ont pas été très satisfaisants en raison de la sensibilité des instruments de mesure, compte tenu des très faibles valeurs enregistrées.

L'Annexe B reproduit la disposition de l'appareillage requis et le protocole d'essai.

3.3 Protocole d'échantillonnage du radon

Le radon, un des principaux gaz souterrains contaminants, s'introduit dans le sous-sol des habitations par les fissures ou brèches des fondations. La radon a été retenu comme gaz de traçage pour les essais de renouvellement d'air puisqu'il se retrouve à l'état naturel dans le sol et qu'il se mesure à des concentrations relativement faibles.Il a été anticipé que le relevé de niveaux élevés de radon à certains endroits indiquerait la voie d'infiltration dans la maison du radon et d'autres constituants des gaz souterrains.

L'échantillonnage d'air a été prélevé à trois endroits :

1. au sous-sol;
2. dans la cavité formée par les parois intérieure et extérieure des murs de fondation; et
3. sous le plancher sur lambourdes, le cas échéant.

Les premiers prélèvements dans les cavités murales et sous le plancher sur lambourdes se sont effectués selon la méthode d'échantillonnage continu mise au point précisément pour ces travaux de recherche. Le détecteur (R.A.D. M-1) a été utilisé pour mesurer les descendants du radon. Malheureusement, l'appareil n'a pas affiché le comportement escompté. Tous les relevés effectués dans les cavités murales s'inscrivaient en-deçà de la limite de détection de l'appareil, résultat qui s'est révélé incorrect à la suite de tests ultérieurs. On avance comme hypothèse que les descendants du radon se seraient agglutinés dans l'isolant mural, les tubulures et la pompe à succion. Ils ne se seraient par conséquent pas rendus jusqu'au détecteur.

Les précisions de cette méthodologie initiale ne figurent à l'Annexe C qu'à titre documentaire.

La pompe R.A.D. M-1 a également été mise en usage pour tester le sous-sol. Les résultats, n'éveillant pas de soupçons, sont donc inclus dans la section consacrée aux résultats. La pompe à radon a été placée à un endroit central sur une base solide et de niveau. Toutes les pompes à radon ont prélevé des échantillons pendant quatre à huit jours.

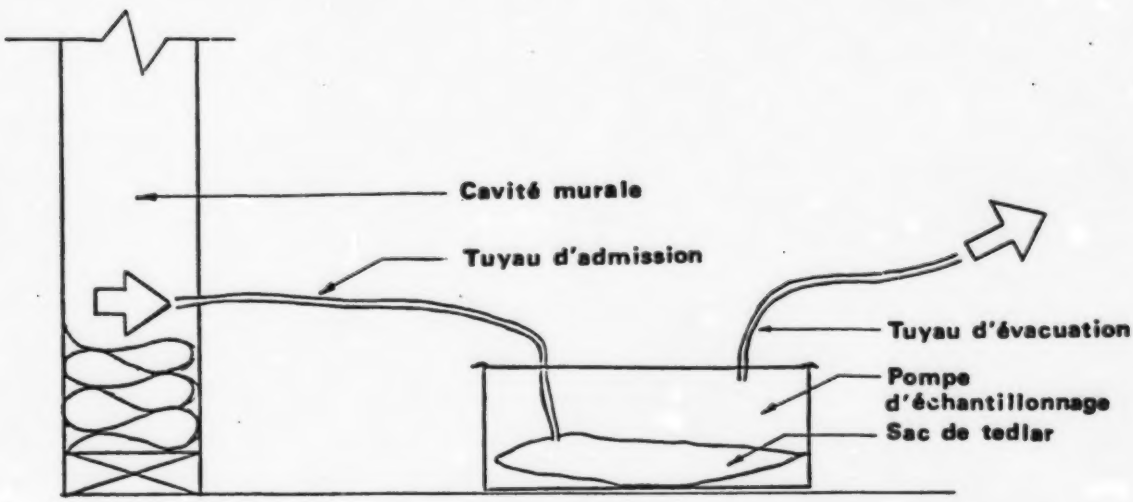
La deuxième technique d'échantillonnage requérait le recours à une cellule à scintillations TN-RN 2000 qui enregistre le nombre de désintégrations des descendants du radon. Un filtre placé dans le conduit d'admission empêche les descendants du radon de parvenir à la cellule. Ainsi seul le radon peut y parvenir.

La méthode oblige à percer un trou de 10 mm de diamètre dans la cavité murale ou le plancher sur lambourdes. Une pompe à succion manuelle extrait l'air de la cavité et l'achemine jusque vers la cellule. La cellule est laissée de côté pendant au moins trois heures pour donner le temps aux descendants du radon de se stabiliser. Après quoi, la cellule, rattachée au compteur, fonctionne pendant environ une heure. La formule accompagnant l'instrument permet ensuite de convertir le compte en pCi/L.

3.4 Protocole d'échantillonnage des composés organiques volatils

Un échantillon d'air de trois litres prélevé dans la cavité murale a été analysé pour déterminer sa teneur en composés organiques volatils. L'échantillon a été prélevé au même endroit que l'échantillon de radon à l'aide d'une pompe d'échantillonnage. Voir figure 3.3

Figure 3.3



Le poumon d'échantillanage crée un vide autour du sac de Tedlar, ce qui a pour effet d'aspirer l'air dans le sac. Le vide a été créé par succion humaine au moyen du tuyau d'évacuation. On comptait pouvoir utiliser une pompe genre aquarium pour gonfler le sac, mais les premiers tests ont démontré que la succion qu'elle produisait ne suffisait pas à faire complètement gonfler le sac. La rigidité inhérente du sac de Tedlar s'est avérée offrir une trop forte résistance pour la pompe genre aquarium. La technique faisant appel à la succion humaine s'est révélée adéquate et a donné un durée moyenne d'échantillonnage d'environ une minute. Dès que l'échantillon était aspiré dans le sac, la valve du sac était fermée et l'échantillon envoyé au laboratoire.

La liste complète des substances chimiques entrant dans la composition des enduits de préservation a été transmise aux chimistes avec les échantillons à analyser.

4.0 SÉLECTION DES MAISONS À TESTER

Les treize maisons avec sous-sol pleine grandeur érigées sur des fondations en bois traité ont été construites entre 1981 et 1991. De ce nombre, sept comportaient un plancher de béton et six un plancher en contreplaqué traité sous pression réalisé sur lambourdes. Outre les maisons avec sous-sol pleine grandeur, érigées sur fondations en bois traité, un vide sanitaire FBT et un sous-sol de béton ont également fait l'objet de tests. Le tableau 4.1 résume les résultats obtenus des quinze maisons.

Tableau 4.1

Maison n°	Année de la construction	Volume de la maison (m^3)	Genre de maison	Genre de mur de sous-sol	Genre de plancher de sous-sol
1	1982	722	2 étages	FBT p.g.	béton
2	1982	539	2 étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
3	1982	782	2 étages	FBT p.g.	béton
4	1989	295	1 étage	FBT p.g.	béton
5	1981	737	2 étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
6	1987	560	1 étages	FBT p.g.	béton
7	1983	824	mi-étages	FBT p.g.	béton
8	1988	771	2 étages	FBT p.g.	béton
9	1986	688	2 étages	FBT p.g.	béton
10	1990	494	2 étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
11	1990	643	mi-étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
12	1989	894	2 étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
13	1989	833	1 étages	V.s.FBT	polyéthylène
14	1991	1127	2 étages	FBT p.g.	bois/lambourdes
15	1972	408	2 étages	béton p.g.	béton

5.0 Résultats des essais

5.1 Résultats des essais d'étanchéité à l'air

Les résultats des essais d'étanchéité à l'air des treize maisons érigées sur fondations en bois traité (FBT) et de la maison avec fondations de béton sont livrés ci-après.

Tableau 5.1

Maison n°	Sous-sol	Niv. sup.	Combiné	Maison	Sous-sol combiné %	RAH de la maison
1	0,012	0,118	0,130	0,127	9	4,85
2	0,012	0,060	0,072	0,073	17	3,60
3*	0,007	0,015	0,022	0,022	30	0,79
4*	0,012	0,005	0,017	0,015	70	1,15
5	0,033	0,084	0,117	0,116	28	3,98
6*	0,011	0,020	0,031	0,032	35	1,29
7*	0,011	0,018	0,029	0,026	38	0,82
8	0,048	0,041	0,089	0,094	54	3,07
9	0,022	0,095	0,117	0,115	19	4,78
10	0,046	0,056	0,102	0,091	45	4,68
11	0,048	0,110	0,158	0,154	30	5,83
12	0,029	0,076	0,105	0,100	28	2,98
13*	0,013	0,027	0,040	0,046	32	1,52
15	0,032	0,055	0,087	0,088	36	5,83

* Maison construite selon les critères d'étanchéité à l'air des normes R2000. RAH signifie le renouvellement d'air à l'heure à une dépression de 50 Pa. La SFÉ se calcule selon la norme CGSB-149.10-M86.

L'addition de la surface de fuite équivalente (SFÉ) du sous-sol et du niveau supérieur donnent la valeur combinée qui, comparativement à la SFÉ de toute la maison, corrobore la validité du test. La différence variait entre 0 et 13 %, la différence moyenne s'établissant à 5,2 %. La SFÉ du niveau supérieur était considérablement inférieure pour les maisons construites selon les normes R2000 que pour les autres. La SFÉ du sous-sol était aussi très basse pour les maisons R2000, même si deux maisons traditionnelles affichaient des surfaces de fuite équivalentes aussi basses.

Le recours au crayon fumigène a permis de constater dans tous les cas que les plus importantes surfaces de fuite survenaient dans la région de la solive de rive, du puisard, ainsi qu'autour des fenêtres. Les maisons ayant enregistré les plus forts taux de fuite au sous-sol se distinguaient des maisons étanches par des fuites considérablement supérieures aux endroits précités.

D'après les maisons testées, la limite pratique la plus basse pour la surface de fuite équivalente du sous-sol était de l'ordre de 0,01 m^2. Sept des maisons composant l'échantillon tombaient dans cette catégorie.

Selon l'échantillon de sous-sols testés, il n'a pas été possible d'établir qu'un type de fondations en bois traité était plus sujet aux fuites d'air qu'un autre puisque la majorité des fuites détectées ne mettaient pas directement en cause la FTB.

5.2 Résultats des essais de fuite des fissures

Lors des premiers travaux sur place, de nombreuses tentatives visaient à déterminer les fuites des fissures. La région de la solive de rive, des colonnes de plomberie et le pourtour des fenêtres constituaient les seuls endroits où les mouvements d'air ont pu être détectés. En fait, aucun débit n'a pu être détecté à l'égard des murs de fondations en bois traité. Deux maisons reconnues pour être particulierement peu étanches furent choisie pour assurer un suivi plus complet des essais, une maison avec sous-sol en FBT et celle avec sous-sol en béton. Dans la FTB, les essais furent effectués dans une chambre froide où le contreplaqué du mur extérieur était toujours exposé. Par ailleurs, la maison avec fondation en béton avait été construite vers la fin des années 1950.

Aucune fuite mesurable n'a pu être détectée pour les murs de FBT (fissures entre les feuilles de contreplaqué ou à la base des murs). Les essais ont porté sur les fissures situées entre la sablière et la lisse, à la jonction du plancher du sous-sol et du mur, de même que sur un joint du revêtement d'ossature en contreplaqué. Pour fins de comparaison, les tests ont également été effectués autour d'un conduit d'évacuation. La lumière du jour filtrait à quelques endroits le long du conduit. Le tableau 5.2 livre les résultats de ces essais.

Tableau 5.2

Sous-sol FBT			
Essai n°	Débit à 50 Pa (L/s)	Endroit	Longueur de la fissure (mm)
1	1,5	-entre la sablière et la lisse du rez-de-chaussée	300
2	1,2	-entre la sablière et la lisse du rez-de-chaussée	200
3	0,4	-entre la sablière et la lisse du rez-de-chaussée	100
4	0,0	-jonction du plancher de sous-sol et du mur	200
5	0,0	-joint du revêtement d'ossature en contreplaqué	200
6	0,0	-joint de la sablière et du contreplaqué extérieur	200
7	2,5	-jour autour de l'evant	tuyau de 75 mm de diamètre

La maison érigée sur fondation de béton a subi un essai de dépressurisation à l'aide d'un ventilateur et les endroits les moins étanches du sous-sol ont été localisés au moyen d'un crayon fumigène. Voici les endroits relevés : un joint d'about de la solive de rive, la jonction de la solive de rive et de la lisse, la jonction de la lisse et de la fondation de béton. Le tableau 5.3 fait état des résultats de ces essais.

Tableau 5.3

Sous-sol en béton			
Essai n°	Débit à 50 Pa (L/s)	Endroit	Longueur de la fissure (mm)
1	1,4	-joint d'about de la solive de rive	200
2	1,6	-joint d'about et jonction de la lisse et la solive de rive	200
3	1,3	-jonction de la lisse et du	200
4	0,9	béton joint d'about de la solive de rive	150
5	0,0	-jonction de la solive de rive et du plancher au-dessus	200

Dans le cadre des essais de dépressurisation, on a tenté de prendre cinq relevés du débit de pression à trois endroits. L'exactitude de ces résultats laisse planer un doute vu que la sensibilité de l'instrument ne se prêtait pas à la mesure de débits très faibles. Toute pression de vent localisée sur la paroi extérieure du bâtiment exerçait une forte répercussion sur les relevés. Le tableau 5.4 précise les meilleurs résultats obtenus (sous-sol de béton, essai n° 3).

Tableau 5.4

Pression de la maison (Pa)	Débit (L/s)
58	1,4
49	1,3
43	1,3
39	1,3
29	1,0
21	0,9

La SFÉ calculée s'établissait à 266 mm², valeur proche de la taille estimative de la fissure de 1 mm sur 200 mm.

La précision de l'instrument est remise en question puisque, sur une gamme de 10 pascals, trois maisons ont enregistré le même débit.

5.3 Résultats de l'échantillonnage du radon

Les résultats des essais de radon sont reproduits au tableau 5.5. La limite de détection se chiffre à 0,2 pCi/L. Le tableau reprend deux séries de relevés du radon enregistrés au sous-sol. La première traduit les résultats de l'échantillonnage continu qui s'est échelonné sur une semaine en avril et en mai alors que les autres travaux étaient terminés. La seconde série de relevés effectués au sous-sol, tout comme les relevés des cavités murales et du plancher, s'est déroulée en octobre au moyen d'un échantillonnage en vrac.

Tableau 5.5

Radon (pCi/L)					
Maison n°	Sous-sol		Cavités murales	Prélèvements dans d'autres cavités murales	Cavités du plancher
	à long terme	instantaté			
1	0,6	3,1	5,7	/	/
2	2,4	1,5	4,7	/	1,5
3	0,2	0,5	0,5	/	/
4	2,0	/	28,6	/	/
5	/	8,0	/	/	/
6	0,4	/	/	/	/
7	0,4	0,6	0,8	/	/
8	1,2	2.0	1,1	0,8 7,1 15,2 3,5	/
9	2,8	6,6	1,9	/	/
10	1,4	8,0	3,6	/	59
11	0,2	1,7	2,1	/	3
12	6,2	9,5	8,8	8,4	440
14	0,4	1,2	0,8	/	/

NOTE : / indique qu'il n'y a pas eu de prélèvement de radon.

Les relevés appartenant à la seconde série seraient généralement plus élevés en raison du faible taux de renouvellement d'air des maisons imputable au temps frais d'octobre. De même, dans le cas de l'échantillonnage en vrac, les relevés effectués au sous-sol dépendent fortement de sa ventilation avant chacun des prélèvements.

La présence de radon a été vérifiée au sous-sol, dans les cavités murales, dans la cavité du plancher dans le but de découvrir par où s'introduisaient la majorité des gaz souterrains. Les relevés des murs et du plancher variaient considérablement d'une maison à l'autre et même à l'intérieur de la même maison.

Il semble ne pas s'établir de corrélation directe entre les résultats des prélèvements en vrac effectués dans les sous-sols et les cavités murales. Certains relevés des cavités murales sont plus élevés que les résultats

correspondants des sous-sols, alors que certains résultats des cavités murales sont moindres. Le manque de corrélation se comprend lorsqu'on envisage les résultats des cinq échantillons prélevés des cavités murales de la maison n° 8. Les niveaux de radon enregistrés variaient entre 0,8 pCi/L et 15,2 pCi/L. De tels résultats montrent que certaines cavités devaient être beaucoup mieux scellées de l'extérieur que d'autres ou que les sources de radon variaient considérablement autour de la maison.

Les relevés de niveaux de radon de beaucoup inférieurs à ceux enregistrés dans le sous-sol correspondant s'expliquent probablement par l'une des trois raisons suivantes :

1. La cavité était essentiellement étanche à l'air, réduisant à néant le mouvement d'air en direction ou en provenance du sol ou du sous-sol.

2. La cavité était scellée de façon beaucoup plus étanche du côté extérieur et par rapport aux autres cavités que du côté intérieur, de sorte que la concentration de radon présente était subordonnée au taux de fuite d'air parvenu depuis le sous-sol jusque dans la cavité. Dans ce cas, la ventilation réduite en raison du temps froid aurait entrainé une hausse de la concentration du radon au sous-sol. Le niveau de radon dans la cavité peut accuser un certain décalage comparativement au sous-sol à cause des faibles fuites d'air en direction et en provenance de la cavité.

3. La majorité des fuites d'air en direction et en provenance de la cavité se produisent au-dessus du niveau du sol et s'acheminent vers l'extérieur.

Quatre des cinq maisons comptant des planchers en bois traité sous pression réalisés sur lambourdes, ont fait l'objet de prélèvements de radon. Il est intéressant de noter que deux des trois relevés les plus élevés enregistrés dans le sous-sol des habitations (maisons nos 10 et 12) correspondaient aux deux lectures les plus élevées prises en-dessous du plancher sur lambourdes. Le troisième relevé de radon en importance (maison n° 5) a été enregistré dans la maison avec un plancher de sous-sol en béton; pourtant, cette maison avait enregistré le plus haut relevé dans les cavités murales.

Le plancher du sous-sol de la maison n° 2 avait été réalisé de façon inhabituelle. En effet, il était constitué d'une dalle de béton coulé, d'une membrane de polyéthylène posée par-dessus, d'une lame d'air, de lambourdes et d'un plancher en contreplaqué de catégorie ordinaire. De plus, le contreplaqué était criblé d'orifices de 50 mm de diamètre faisant communiquer l'air sous les lambourdes avec l'air du sous-sol. Par conséquent, il ne fallait pas se surprendre que la concentration de radon au sous-sol et sous le plancher aient été identiques. La concentration de radon relevée sous le plancher sur lambourdes de la maison n° 12 équivalait à environ 440 pCi/L, soit la plus forte lecture enregistrée.

À noter que tous les relevés de radon effectués dans les sous-sols s'inscrivaient bien en-deçà de la limite de 21 pCi/L que prévoit la norme canadienne.

5.4 Résultats de l'échantillonnage des composés organiques volatils

Douze échantillons d'air ont été prélevés des cavités des fondations en bois traité en vue d'analyser leur teneur en composés organiques volatils. Des douze échantillons, trois n'ont pu faire l'objet d'une analyse à cause d'une perte de contenu dans le transport ou de sacs défectueux. Le quatrième échantillon, portant sur la maison n° 2, a été soumis à une analyse par chromatographie en phase gazeuse/détecteur à ionisation de flamme. L'analyse n'a permis de déceler aucun composé, compte tenu de la limite de détection de 0,5 microgramme (µg) par échantillon. Les huit autres échantillons ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse/spectographie de masse, dont la limite de détection est de 1,0 nanogramme (ng) par échantillon. Le tableau 5.6 répartit les substances chimiques relevées dans chaque échantillon des cavités murales.

Tableau 5.6

Résultats de l'analyse des composés organiques volatifs (COV) (µg/m³)

Maison n°	Benzine	Toluène	Benzène d'éthyle	Xylène	Térében-thines	Total des hydro-carbures	Total des COV
3	9,0	88,0	24,8	102,5	553,0	769,5	1 546,8
4	5,1	27,0	5,4	22,8	166,9	398,9	626,1
5	6,7	163,5	19,2	79,1	1 026,1	620,9	1 915,5
7	5,7	55,6	10,6	40,8	207,5	335,8	656,0
8	12,3	103,1	10,2	43,0	412,6	741,5	1 322,7
10	4,4	31,9	19,4	87,6	269,6	427,0	839,9
11	5,4	43,7	6,4	33,2	688,8	578,7	1 356,2
12	7,0	53,7	26,3	36,1	270,3	415,1	808,5

Deux directives existent pour comparer les résultats. La directive touchant la teneur totale en composés organiques volatils de l'air intérieur, établie par Molhave et employée par TPC, prévoit au maximum 5 milligrammes/m³. En l'absence de directives établies à l'égard de substances chimiques précises dans l'air intérieur, nous nous en sommes remis aux critères de qualité de l'air ambiant (extérieur) de 24 heures du Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Leur établissement vise aussi bien à préserver la santé de la population qu'à sauvegarder la végétation, les animaux et les matériaux. On s'attend généralement au sein de l'industrie à ce que l'air intérieur soit aussi salubre sinon plus qu'à l'extérieur.

La teneur totale des composés organiques volatils s'échelonnait entre 0,6 et 1,9 mg/m³. Cette teneur se compare aux niveaux intérieurs types des aires habitables des maisons, variant de 0,01 mg/m³ à 5 mg/m³ (analyse en laboratoire, Ortech International, voir rapport à l'Annexe D).

Les composés spécifiques détectés dans les échantillons des cavités murales comportaient du benzène, du toluène, du benzène d'éthyle, du xylène, des térébenthines et des hydrocarbures. Les niveaux de benzène variaient de 4 à 12 µg/m³, valeurs comparables aux niveaux types de 10 µg/m³ ou moins des maisons et de l'air ambiant (Ortech). Les concentrations de toluène s'échelonnaient entre 27 et 164 µg/m³, soit une teneur inférieure à la limite de 2 000 µg/m³ que prévoient les critères d'air ambiant du Ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO). Les niveaux de benzène d'éthyle se situaient entre 5 et 26 µg/m³, soit une valeur moindre que le 4 000 µg/m³ que prévoient les critères d'air ambiant du Ministère. e niveau de xylène enregistré se situait entre 23 et 103 µg/m³, teneur inférieure aux 2 300 µg/m³ des critères d'air ambiant. Enfin, la teneur en térébenthines fluctuait entre 167 et 1 026 µg/m³, et celle des hydrocarbures entre 335 et 769 µg/m³. Les critères du MEO ne font pas état de la teneur en térébenthines et en hydrocarbures.

Chacun des composants entrant dans la construction des fondations en bois traité (contreplaqué, mastic de calfeutrage, isolant thermique, polyéthylène et enduits de préservation) dégagent des émanations jusqu'à un certain point. Établir le pourcentage de substance chimique provenant de tel ou tel composant s'avère une tâche difficile, plutôt inutile, compte tenu des faibles concentrations relevées. En effet, les niveaux enregistrés dans les cavités murales sont jugés sûrs si l'on se fie aux directives. Toute communication de l'air des cavités avec celui de la maison ne ferait que diluer davantage la concentration des substances chimiques.

6.0 Conclusions

6.1 Essais d'étanchéité à l'air

Les essais d'étanchéité à l'air ont servi à mettre au point un protocole de détermination des caractéristiques des fuites d'air des sous-sols. Une très faible marge d'erreur est en cause lorsque les essais sont exécutés conformément au protocole.

Ce protocole peut s'utiliser pour diverses applications, notamment pour connaître les caractéristiques des fuites d'air d'une partie d'un bâtiment ou de l'ensemble.

Les essais d'étanchéité à l'air effectués dans le sous-sol pleine grandeur des douze maisons avec FBT, le vide sanitaire de FBT et le sous-sol d'une fondation de béton ne permettent pas de tirer des conclusions quant à l'étanchéité à l'air de différents types de fondations en bois traité ou de différentes techniques d'exécution, puisque la majorité des fuites d'air survenaient autour des fenêtres et dans la zone de la solive de rive. La méthode n'a pas pu s'employer pour distinguer ces fuites d'air de celles des murs de fondation et des planchers.

Les fondations en bois traité présentaient généralement une construction étanche. Les fuites ont été détectées à des endroits précis comme la solive de rive, le pourtour des fenêtres et les points de pénétration des services, qui n'ont aucun rapport direct avec la construction des FBT.

Certaines maisons soumises aux essais d'étanchéité à l'air du sous-sol avaient été construites avant l'adoption, en 1983, de la norme précisant la mise en oeuvre d'une membrane de polyéthylène de 0,15 mm avant d'aménager un plancher surélevé en bois ou une dalle de plancher en béton. Les autres maisons avaient été construites entre l'époque d'entrée en vigueur de la norme et la mise à jour proposée en 1989. Il ne semble pas s'établir de corrélation quelconque entre l'étanchéité à l'air du sous-sol et l'année de construction de la maison.

Il est peu probable que les modifications proposées à la norme aient pour effet de réduire considérablement les fuites d'air des fondations en bois traité, étant donné que les essais ont démontré l'excellente étanchéité des régions touchées par la mise à jour de la norme.

À l'exemple de la construction classique des fondations en béton, il faudra mener de plus amples recherches pour régler la question de l'étanchéité à l'air de la région de la solive de rive, du pourtour des fenêtres et du jour autour des points de pénétration des services.

6.2 Essais de fuite des fissures

Les essais de fuite des fissures peuvent servir à établir le taux de fuite de fissures plutôt importantes à une différence de pression précise. Au cours de l'étude, le protocole d'établissement du taux de fuite des

fissures n'était, selon notre constatation, pas suffisamment sensible pour mesurer le débit d'air à la base des planchers des FBT ou le joint des feuilles du revêtement d'ossature en contreplaqué. Cette technique pourrait mieux s'appliquer à de vieux bâtiments qui se caractérisent par des surfaces de fuite plutôt appréciables proches les unes des autres.

6.3 Échantillonnage de radon

Les résultats indiquent que la teneur en radon des cavités murales d'une maison donnée peut fluctueur considérablement. La situation peut être attribuable à la concentration du radon présent dans le sol, et à la différence d'efficacité des pare-air des parois intérieure et extérieure de chaque cavité.

De fortes concentrations de radon ont été enregistrées dans le sous-sol des maisons dont la cavité sous le plancher sur lambourdes avait donné une lecture élevée. Dans ces maisons, il est probable que le gaz souterrain s'infiltrait dans le sous-sol par en-dessous du plancher sur lambourdes, quoique les preuves ne permettent pas de l'affirmer catégoriquement. Il est impossible de savoir si ces résultats peuvent s'appliquer à d'autres maisons construites à la même époque, puisque trop peu de bâtiments ont fait l'objet de tests.

6.4 Échantillonnage des composés organiques volatils

Les résultats de l'échantillonnage des composés organiques volatils indiquent le dégagement de légères émanations dans les cavités murales. Les concentrations des substances chimiques qui y ont été relevées s'inscrivaient dans les limites rigoureuses des directives concernant l'air ambiant. L'air de la cavité qui gagnerait le sous-sol contribuerait à diluer davantage les composés organiques volatils au point de rendre leur concentration négligeable.